

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

101 46 197.6

Anmeldetag:

14. September 2001

Anmelder/Inhaber:

Karl Storz GmbH & Co KG,
Tuttlingen/DE

Bezeichnung:

Intrakorporale Sonde zur Analyse oder Diagnose
beispielsweise von Hohlorganen und Körperhöhlen
im menschlichen oder tierischen Körper

IPC:

A 61 B 5/07

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. August 2002
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Sieck

Anmelder:

Karl Storz GmbH & Co. KG
Mittelstraße 8
D-78532 Tuttlingen

Deutschland

14. September 2001
4613P226 VH-sm

Intrakorporale Sonde zur Analyse oder Diagnose beispielsweise
von Hohlorganen und Körperhöhlen im menschlichen oder tieri-
schen Körper

Die Erfindung betrifft eine intrakorporale Sonde zur Untersuchung beispielsweise von Hohlorganen oder Körperhöhlen im menschlichen oder tierischen Körper, wobei die Sonde in Form einer Kapsel ausgebildet ist, die in den Körper ohne externe Verbindungselemente einbringbar ist, und wobei die Sonde zumindest ein lichtabstrahlendes Element und zumindest ein lichtempfangendes Element aufweist.

Eine derartige intrakorporale Sonde ist aus der EP-A-0 667 115 bekannt.

Es ist bekannt, zur Untersuchung von Hohlorganen oder Körperhöhlen bildgebende Verfahren wie Ultraschall, Röntgen, Computertomographie und Magnetresonanz-Tomographie einzusetzen. Des weiteren sind für denselben Zweck endoskopische Verfahren bekannt.

Endoskope werden zur visuellen Darstellung des Körperinneren in den Körper eingebracht. Quantitative Informationen wie beispielsweise Informationen über den Sauerstoffgehalt, den Kohlendioxidgehalt oder den pH-Wert werden zum Teil über Sonden gewonnen, die über den Instrumentenkanal des Endoskops in das Körperinnere eingeführt werden, und die mit einem extrakorporalen Analysegerät verbunden sind.

Ein neueres Gebiet der medizinischen Analyse bzw. Diagnose betrifft die sogenannte photodynamische Diagnose. Bei der photodynamischen Diagnose werden photosensitive Substanzen, beispielsweise Aminolävulinsäure (ALA) oder deren Vorstufe in das zu untersuchende Gewebe bzw. in das zu untersuchende Gewebeareal eingebracht. Dabei wird der Effekt ausgenutzt, daß sich derartige photosensitive Substanzen in maligne Gewebe, beispielsweise Tumore, in größerem Ausmaß einlagern als in gesunde Gewebe. Mittels eines in den Körper eingeführten Fluoreszenzendoskops wird das zu untersuchende Gewebe mit Licht bestrahlt, wodurch die photosensitiven Substanzen zur Fluoreszenz angeregt werden. Das Auftreten von Fluoreszenz bzw. die Intensität der beobachteten Fluoreszenz ermöglicht dann eine Aussage darüber, ob das untersuchte Gewebe gesund oder pathologisch verändert

ist. Mit dieser Methode lassen sich Tumore im Frühstadium visualisieren.

Die Nachteile derzeitiger endoskopischer Systeme bestehen darin, daß Endoskope nicht für die Untersuchung aller Körperbereiche eingesetzt werden können. So sind beispielsweise Bereiche des Dünndarms für ein Endoskop nicht zugänglich, nicht einmal für solche Endoskope, die einen flexiblen Schaft aufweisen. Des weiteren stellen endoskopische Untersuchungen keinen vernachlässigbaren Aufwand für den untersuchenden Arzt und auch für den Patienten dar, und sind daher für eine routinemäßige Untersuchung nicht einsetzbar. Die Einführung eines endoskopischen Schlauchs stellt für einen Patienten, beispielsweise bei gastroenterologischen Untersuchungen, eine erhebliche Belastung dar. Darüber hinaus ist eine quantitative Informationsgewinnung bei Standardendoskopen nicht gegeben und bedarf der Bildanalyse durch den untersuchenden Arzt.

Aus der eingangs genannten EP-A-0 667 115 ist eine intrakorporale Sonde bekannt, die in Form einer Kapsel ausgebildet ist, die vom zu untersuchenden Patienten geschluckt werden kann, um den Magen-Darm-Trakt visuell untersuchen zu können. Die von der Sonde empfangenen optischen Signale werden telemetrisch über einen in der Kapsel vorhandenen Sender nach extrakorporal übertragen und dort visualisiert. Diese bekannte autonome Videosonde ermöglicht es zwar, den Magen-Darm-Trakt visuell zu inspizieren und die Bilder telemetrisch nach außen zu übertragen, jedoch bleibt die Analyse des übertragenen Bildes dem erfahrenen Arzt vorbehalten. Der Arzt muß die Bilddaten der gesamten Passage der Videosonde durch den Magen-Darm-Trakt, die über acht Stunden dauern kann, auswerten bzw. beurteilen. Ein Groß-

teil der Bilder besitzt aufgrund der willkürlichen Position im Hohlorgan keine auswertbare Information. Des weiteren ist an dieser bekannten Videosonde nachteilig, daß die Bildqualität durch die oberflächliche Verschmutzung der Optik durch Schleim usw. gemindert sein kann.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine intrakorporale Sonde der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß sie eine gezielte Erfassung diagnostisch relevanter optischer Informationen ohne aufwendige Bildanalyse ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe hinsichtlich der eingangs genannten intrakorporalen Sonde dadurch gelöst, daß das lichtempfangende Element Licht in einem anderen Wellenlängenbereich empfängt als das lichtabstrahlende Element abstrahlt.

Mit der erfindungsgemäßen intrakorporalen Sonde ist es möglich, diagnostisch relevante Informationen auf optischem Wege zu erfassen, ohne daß es jedoch einer optischen Abbildung bedarf. Dadurch, daß das zumindest eine lichtempfangende Element Licht in einem anderen Wellenlängenbereich empfängt als das zumindest eine lichtabstrahlende Element abstrahlt, ist es nämlich möglich, gewebespezifisch eingelagerte Photosensitizer wie bei der photodynamischen Diagnose mit dem Licht des lichtabstrahlenden Elements anzuregen, d.h. das lichtabstrahlende Element strahlt eine Anregungswellenlänge ab, und deren Fluoreszenz zu bestimmen, indem das zumindest eine lichtempfangende Element die Emissionswellenlänge der Fluoreszenz empfängt. Dies läßt eine Charakterisierung des Gewebezustands zu, ohne daß das Gewebe dazu visuell abgebildet werden muß. Im einfachsten Fall kann die durch die erfindungsgemäße intrakorporale Sonde erhaltene

Information, die vorzugsweise telemetrisch nach außen übertragen wird, darin bestehen, ob eine Fluoreszenz detektiert (malignes Gewebe) oder nicht detektiert (gesundes Gewebe) wurde. Probleme einer unscharfen Bildübertragung, die sich durch eine verschmutzte Optik der intrakorporalen Sonde wie bei der bekannten intrakorporalen Sonde ergeben können, stellen sich dabei nicht. Der behandelnde Arzt muß kein visuelles Bild hinsichtlich eines pathologischen Zustands analysieren oder interpretieren, sondern allein das Vorhandensein eines Signals (Fluoreszenz vorhanden oder nicht vorhanden) liefert dem Arzt einen Befund. Als Photosensibilisatoren können körpereigene Stoffe (beispielsweise Flurophore) herangezogen werden, die eine Autofluoreszenz bewirken, oder es werden Photosensibilisatoren von außen verabreicht, die sich gewebespezifisch einlagern und Fluoreszenz emittieren. Zur Ermittlung des Organzustandes können auch reine Fluoreszenzstoffe eingesetzt werden, die sich nicht gewebespezifisch einlagern, beispielsweise im Blut. Derartige Stoffe wie beispielsweise Natrium-Fluoreszein können zur Detektion von Blutungen, beispielsweise im Magen oder im Darm, eingesetzt werden, indem sie durch Injektion verabreicht werden. Mit der erfindungsgemäßen intrakorporalen Sonde wird eine insbesondere für die photodynamische Diagnose geeignete autonome Sonde bereitgestellt, die gegenüber den bekannten Endoskopiesystemen, die für den Patienten mitunter eine Belastung darstellen, eine höhere Akzeptanz erfährt.

Die beschriebene Sonde kann auch als Implantat im Körper verbleiben. Dies ermöglicht beispielsweise eine intrakorporale postoperative Therapiekontrolle.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Licht des zumindest einen lichtabstrahlenden Elements kurzwelliger als das Licht, das durch das zumindest eine lichtempfangende Element empfangbar ist.

In dieser Ausgestaltung eignet sich die erfindungsgemäße intrakorporale Sonde vorteilhafterweise insbesondere für einen Einsatz im Rahmen der photodynamischen Diagnose, da mit dem kurzwelligeren abgestrahlten Licht körpereigene oder zugeführte photosensitive Substanzen zur Fluoreszenz angeregt werden können, und das Fluoreszenzlicht dann durch das lichtempfangende Element empfangen werden kann, wobei das empfangene Licht vom abgestrahlten Licht spektral wohl getrennt ist, so daß keine Fehlinterpretationen der von der Sonde gelieferten Daten möglich sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist das zumindest eine lichtabstrahlende Element eine den gesamten Raumwinkel erfassende Abstrahlcharakteristik auf, und/oder ist in der Kapsel eine Mehrzahl von lichtabstrahlenden Elementen derart angeordnet, daß die Lichtabstrahlung den gesamten Raumwinkel erfaßt.

Die vorstehend genannten Maßnahmen, die alternativ oder in Verbindung miteinander bei der erfindungsgemäßen intrakorporalen Sonde vorgesehen sein können, haben den Vorteil, daß die Abstrahlung des oder der lichtabstrahlenden Elemente weitestgehend unabhängig von der Lage der Sonde im Hohlorgan oder in der Körperhöhle gleichmäßig in alle Raumrichtungen erfolgt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist das zumindest eine lichtabstrahlende Element eine Leuchtdiode (LED).

Hierbei ist von Vorteil, daß durch die Verwendung von Leuchtdioden als lichtabstrahlende Elemente die intrakorporale Sonde mit geringen Kosten herstellbar ist. Des weiteren haben Leuchtdioden den Vorteil einer hohen Lichtausbeute.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung strahlt die Leuchtdiode im blauen Frequenzbereich ab.

Eine im blauen Frequenzbereich abstrahlende Leuchtdiode eignet sich besonders gut zur Anregung von Fluoreszenz und damit zur Verwendung der erfindungsgemäßen intrakorporalen Sonde zur Fluoreszenzdiagnose von Gewebe im menschlichen oder tierischen Körper.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist das zumindest eine lichtempfangende Element derart ausgebildet, daß es Licht aus dem gesamten Raumwinkelbereich empfängt, und/oder ist in der Kapsel eine Mehrzahl von lichtempfangenden Elementen derart angeordnet, daß Licht aus dem gesamten Raumwinkelbereich empfangbar ist.

Bei diesen zuvor genannten Maßnahmen, die alternativ oder in Verbindung miteinander bei der erfindungsgemäßen Sonde vorgesehen sein können, besteht wiederum der Vorteil darin, daß die Sonde das von dem zu untersuchenden Gewebe kommende Licht weitestgehend unabhängig von der Lage der Sonde im Körper gleichmäßig empfangen kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist an dem zumindest einen lichtabstrahlenden Element und/oder an dem zumindest

einen lichtempfangenden Element ein optisches Filterelement angeordnet.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß eine besonders gute Trennung der Wellenlängenbereiche zwischen dem abgestrahlten und dem empfangenen Licht erreicht wird, so daß insbesondere das zumindest eine lichtempfangende Element nur das für die Diagnose relevante Licht empfängt. Als optische Filter können insbesondere Interferenzfilter vor den lichtabstrahlenden und lichtempfangenden Elementen aufgebracht sein.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel zumindest ein lichtempfangendes Element in Form eines Bildsensors, insbesondere eines zweidimensionalen Bildsensors, zum Empfangen eines visuellen Bildes vorhanden.

Hierbei ist von Vorteil, daß neben der durch das zumindest eine lichtempfangende Element gewonnenen spektralen Information zusätzlich eine bildgebende Information erhalten werden kann, die eine Visualisierung des untersuchten Hohlorgans oder der untersuchten Körperhöhle ermöglicht. Wie jedoch zuvor erläutert, liegt das Hauptaugenmerk der vorliegenden Erfindung nicht auf der visuellen Darstellung, sondern auf der Gewinnung optischer Informationen, die keine visuelle Darstellung des untersuchten Gewebeareals erfordern. Die visuelle Darstellung des untersuchten Gewebeareals hat jedoch den zusätzlichen Vorteil einer leichteren Orientierung für den Arzt.

Entsprechend ist es in einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, daß in der Kapsel zumindest ein lichtabstrahlendes Element angeordnet ist, das Weißlicht abstrahlt.

Hierbei ist von Vorteil, daß eine Ausleuchtung des Körperhohlraums bzw. des Hohlorgans mit Weißlicht eine naturgetreuere Visualisierung des untersuchten Gewebeareals ermöglicht, als dies durch Ausleuchtung mit farbigem Licht der Fall ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel ein Senderelement zum Abstrahlen von Signalen von der Sonde nach extrakorporal angeordnet.

Hierbei ist von Vorteil, daß die von der Sonde empfangene und ggf. durch eine Signalverarbeitungseinheit innerhalb der Kapsel aufbereitete optische Information instantan über eine entsprechende Empfangseinheit und eine damit verbundene weitere Darstellungseinheit dem behandelnden Arzt zur Verfügung stehen, währenddessen die Sonde im Körper verbleiben kann.

Dabei ist weiter bevorzugt, wenn in der Kapsel ein Signalvorverarbeitungselement angeordnet ist, daß das von dem zumindest einen lichtempfangenden Element opto-elektrische Signal an das Sonderelement weitergibt.

Ein derartiges Signalvorverarbeitungselement hat den Vorteil, eine Vorverarbeitung der von dem zumindest einen lichtempfangenden Element empfangenen Lichtsignale zu ermöglichen, so daß dem Arzt nur die für die Diagnose relevanten Signale übermittelt werden. Des weiteren kann das Signalvorverarbeitungselement bei einem Pulsbetrieb des zumindest einen lichtabstrahlenden Elements die Synchronisation zwischen der gepulsten Abstrahlung und dem Empfang des Lichtes durch das zumindest eine lichtempfangende Element vornehmen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel ein Signalspeicher zum Abspeichern von Signalen des zumindest einen lichtempfangenden Elements angeordnet.

Diese Maßnahme ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die von dem zumindest einen lichtempfangenden Element empfangenen Lichtsignale nicht sofort verarbeitet oder nicht sofort nach extrakorporal telemetrisch übermittelt werden sollen, sondern wenn eine Auswertung der von der Sonde aufgenommenen Daten zu einem späteren Zeitpunkt vorgenommen werden soll. Dies hat insbesondere den Vorteil, daß zeitgleich mehrere Patienten mit einer erfindungsgemäßen intrakorporalen Sonde diagnostiziert werden können, und die einzelnen intrakorporalen Sonden bzw. deren Daten nach Entnahme der Sonde aus dem Körper dann ausgelesen und ausgewertet werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel ein Lageerfassungselement angeordnet, dessen Lage von extrakorporal bestimmt werden kann.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß die Lage oder Position der Sonde innerhalb des Körpers des Patienten verfolgt werden kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Sonde sich in einem Körperhohlraum des Patienten befindet, wo sie aufgrund der natürlichen Peristaltik nicht ortsfest im Körper liegt, sondern bewegt wird. Da bei einer derartigen Bewegung auch die räumliche Lage der Sonde um ihre sondeneigenen Achsen verändert wird, kann über die Lageerfassung auch die Lage der Sonde bezüglich ihrer eigenen Achsen und somit auch die Lage relativ zu dem zu untersuchenden Gewebe stets verfolgt werden.

Dabei ist es weiter bevorzugt, wenn das Lageerfassungselement als Spulensystem ausgebildet ist, dessen Position über einen externen Magnetfelddetektor erfaßbar ist.

Ein derartiges Spulensystem als Lageerfassungselement läßt sich vorteilhafterweise miniaturisiert ausgestalten, so daß es sich besonders vorteilhaft zur Ausbildung einer miniaturisierten intrakorporalen Sonde eignet.

Die Lokalisierung der Sonde im Körper ist vor allem dann notwendig, wenn die Sonde ein positives Analyse- bzw. Diagnoseergebnis zeigt. In diesem Fall kann es vorgesehen sein, daß magnetische Spulensystem elektrisch zu aktivieren, um die Position der Sonde im Körper zu ermitteln. Selbstverständlich setzt ein derartiges Spulensystem voraus, daß die Außenwand der Kapsel bzw. die Hülle der Kapsel nicht metallisch ausgeführt ist, und daß auch innerhalb der Kapsel möglichst wenig Metall zum Einsatz kommt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel ein Positionierungselement angeordnet, das von extrakorporal zur Positionierung der Sonde ansteuerbar ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß die Sonde an einer gewünschten Stelle und in einer bestimmten Lage innerhalb des Körperhohlraumes bzw. Hohlorgans lagefest positioniert werden kann. Dies ist insbesondere in Körperhohlräumen bzw. Körperorganen von Vorteil, die einen im Vergleich zur Abmessung der Sonde wesentlich größeren Querschnitt aufweisen, so daß es ohne eine derartige Positionierungsmaßnahme nicht möglich wäre, die Sonde an einer vorbestimmten Position und in einer bestimmten

Lage zu fixieren. Insbesondere in Körperorganen, die eine Peristaltik besitzen, hat diese Maßnahme den Vorteil einer gezielteren und exakteren Diagnose.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel ein Energieversorgungselement oder ein Element zum Empfangen von extrakorporal eingestrahelter elektromagnetischer Energie angeordnet.

Hierbei ist von Vorteil, daß die erfindungsgemäße intrakorporale Sonde hinsichtlich ihrer Energieversorgung autonom ist, d.h. keine externen Verbindungsleitungen zur Energieversorgung benötigt. Das Energieversorgungselement kann beispielsweise eine miniaturisierte Batterie oder ein Energiespeicher mit Energiewandler sein, der in elektrische Energie transformiert.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung sind auf der Kapsel fluoreszierende/leuchtende Markerstoffe aufgebracht.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß die Markerstoffe in Wechselwirkung mit der Umgebung, beispielsweise Blut, treten können, so daß Parameter wie Sauerstoffgehalt, Kohlendioxidgehalt, usw. abgeleitet werden können.

Die Kapsel kann auch bevorzugt einen Leuchtstoff aufweisen, der extrakorporal bspw. über elektromagnetische Energie zum Leuchten angeregt wird und über die transparente Kapselhülle abstrahlt. Diese Anregung kann extrakorporal auch über Röntgenstrahlung erfolgen, indem ein röntgensensitiver Farbstoff verwendet wird, oder die Anregung kann extrakorporal über Ultraschallenergie erfolgen, indem photoakustische Farbstoffe ver-

wendet werden. Allgemein können als Farbstoffe beispielsweise Natrium-Fluoreszein (Phatalein), Eosin, Rodamin sowie deren Derivate verwendet werden. Ein solcher Leuchtstoff innerhalb der Kapsel dient dann als das zumindest eine lichtabstrahlende Element, das keine in der Kapsel vorhandene Energieversorgung benötigt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel ein Reservoir für therapeutische Substanzen und/oder diagnostische Substanzen vorhanden, die intrakorporal von der Sonde abgegeben werden.

Hierbei ist von Vorteil, daß zusammen mit der Sonde die zuvor genannten Substanzen in den Körper eingebracht werden können, so daß für das Einbringen dieser Substanzen kein zusätzlicher Behandlungsschritt erforderlich ist, und außerdem die Substanzen gezielter an den Ort gebracht werden können, wo auch die Untersuchung mittels der Sonde erfolgt.

Zur Therapie von malignen oder prämaligen Veränderungen kann ein photodynamisch-therapeutisch wirkender Photosensibilisator beigegeben werden, der unter Lichtbestrahlung therapeutisch wirksam wird. Im übrigen können als photosensitive Substanzen, die für die Diagnose und/oder die Therapie geeignet sind, beispielsweise Porphyrine (Protoporphyrin IX, beispielsweise induziert durch Aminolävulinsäure (ALA), Benzoporphyrin), Metatetrahydrophenylchlorine (m-THPC), Cyanine (Phtalocyanine (Zn-phtalocyanin)), Hypericin, Tinethyletiopurpurine (SnET_2), Luthetiumtexaphyrine sowie deren Derivate oder andere zum Einsatz kommen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist in der Kapsel ein Ultraschallsender-/empfängerelement zur Ultraschallbildung angeordnet.

Hierbei ist von Vorteil, daß über die Ultraschallbildung eine Schnittbilderfassung tieferliegender Gewebebereiche ermöglicht wird, die wegen der geringeren Eindringtiefe von Licht in Gewebe mit optischen Mitteln nicht oder nur unzureichend erfaßt werden können.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Sonde zumindest eine Leitung nach extrakorporal zum Austausch von Informationen, Energie und/oder Substanzen auf.

Wie bereits erwähnt, ist die erfindungsgemäße intrakorporale Sonde nicht nur für diagnostische Zwecke geeignet, sondern auch zusätzlich für therapeutische Zwecke, wie in einer der zuvor genannten Ausgestaltungen beschrieben wurde.

Weitere Vorteile der Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der beigefügten Zeichnung. Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird mit Bezug auf diese hiernach näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer intrakorporalen Sonde in Seitenansicht in stark vergrößertem Maßstab;
- Fig. 2 einen Schnitt durch die intrakorporale Sonde in Fig. 1 entlang der Linie II-II in Fig. 1; und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung, die die intrakorporale Sonde in Fig. 1 in einem Hohlorgan eines menschlichen Körpers zeigt.

In Figuren 1 und 2 ist eine mit dem allgemeinen Bezugszeichen 10 versehene intrakorporale Sonde zur Untersuchung beispielsweise von Hohlorganen oder Körperhöhlen im menschlichen oder tierischen Körper dargestellt. Die Sonde 10 dient insbesondere als autonome Sonde zur Verwendung in der photodynamischen Diagnose. Die Kapsel 12 weist eine vorzugsweise transparente Kapselhülle bzw. Kapselwand 14 auf.

In der Kapsel ist eine Mehrzahl von lichtabstrahlenden Elementen 16 angeordnet, die als Leuchtdioden ausgebildet sind. Die lichtabstrahlenden Elemente 16 sind derart verteilt in der Kapsel angeordnet, daß die Lichtabstrahlung den gesamten Raumwinkel erfaßt, d.h. daß die Sonde 10 Licht in allen Raumrichtungen, und zwar möglichst gleichmäßig, abstrahlt.

Die als Leuchtdioden ausgebildeten lichtabstrahlenden Elemente 16 strahlen Licht im blauen Frequenzbereich ab, beispielsweise bei einer Wellenlänge von etwa 480 nm, bei der Verwendung von Natrium-Fluoreszein.

Des weiteren sind in der Kapsel 12 lichtempfangende Elemente 18 in Form von photoelektrischen Elementen zum Empfangen von Licht angeordnet. Die lichtempfangenden Elemente 18 sind in der Lage, Licht in einem anderen Wellenlängenbereich zu empfangen, als die lichtabstrahlenden Elemente abstrahlen. Die spektralen Eigenschaften der lichtempfangenden Elemente 18 sind demnach von den spektralen Eigenschaften der lichtabstrahlenden Elemente 16 getrennt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel beginnt die Empfindlichkeit der lichtempfangenden Elemente 18 bei einer Wellenlänge von $> 500 \text{ nm}$, bei der Verwendung von Natrium-Fluoreszein.

Die Lichtempfindlichkeit der lichtempfangenden Elemente 18 ist in einem Wellenlängenbereich gegeben, der langwelliger ist als das Licht, das durch die lichtabstrahlenden Elemente 16 abgestrahlt wird.

Zur noch verbesserten Trennung der Spektralbereiche können vor den lichtabstrahlenden Elementen 16 und/oder vor den lichtempfangenden Elementen 18 optische Filterelemente angeordnet sein, beispielsweise in Form von Interferenzfiltern.

Die lichtempfangenden Elemente 18 sind derart in der Kapsel verteilt angeordnet, daß sie Licht aus dem gesamten Raumwinkelbereich empfangen können.

Eines oder mehrere der lichtempfangenden Elemente 18 kann auch in Form eines Bildsensors, insbesondere eines zweidimensionalen Bildsensors, zum Empfangen eines visuellen Bildes ausgebildet sein, wie beispielhaft für ein lichtempfangendes Element 20 in Fig. 1 dargestellt ist.

Das lichtempfangende Element 20 kann beispielsweise ein CCD-Sensor oder ein CMOS-Sensor sein.

Entsprechend kann auch eines der lichtabstrahlenden Elemente 16, wie beispielsweise für ein lichtabstrahlendes Element 22 beispielhaft dargestellt ist, als Weißlichtquelle ausgebildet sein, um eine möglichst naturgetreue Ausleuchtung des Beobachtungsareals im menschlichen oder tierischen Körper zu bewirken. Das Element 22 ist vorzugsweise eine weiß leuchtende Leuchtdiode.

Des weiteren ist in der Kapsel 12 ein Senderelement 24 angeordnet, das Signale von der Sonde nach extrakorporal abstrahlt, wie in Fig. 3 schematisch dargestellt ist. Die von der Sonde 10 abgestrahlten Signale werden dann von einem extrakorporalen Empfänger 26 empfangen und dem behandelnden Arzt beispielsweise auf einer Display-Einheit oder einem Bildschirm zur Darstellung gebracht.

Ein Signalvorverarbeitungselement 28 ist gemäß Fig. 2 ebenfalls in der Kapsel 12 angeordnet. Das Signalvorverarbeitungselement 28 gibt die von den lichtempfangenden Elementen 18 kommenden opto-elektrischen Signale an das Senderelement 24 weiter. Entsprechend sind alle lichtempfangenden Elemente 18 elektrisch mit dem Signalvorverarbeitungselement 28 verbunden. Auch die lichtabstrahlenden Elemente 16 sind alle mit dem Signalvorverarbeitungselement 28 verbunden. So kann beispielsweise das Signalvorverarbeitungselement beim Pulsbetrieb der lichtabstrahlenden Elemente 16 auch die Synchronisation zwischen der gepulsten Lichtabstrahlung und der Erfassung der Signale der lichtempfangenden Elemente 18 vornehmen.

Alternativ oder zusätzlich zu dem Senderelement 24 kann in der Kapsel ein nicht dargestellter Signalspeicher zum Abspeichern von Signalen der lichtempfangenden Elemente 18 angeordnet sein.

Des weiteren ist in der Kapsel 12 ein Energieversorgungselement 30 angeordnet, das der Energieversorgung der lichtabstrahlenden Elemente 16, der lichtempfangenden Elemente 18 dient, und das mit dem Signalvorverarbeitungselement 28 verbunden ist. Das Energieversorgungselement 30 ist beispielsweise eine Mikrobatterie, kann jedoch auch ein Element zum Empfangen von extrakorporal eingestrahlter elektromagnetischer Energie sein.

Um die Lage bzw. Position der Sonde 10 im menschlichen Körper nach deren Einbringen verfolgen zu können, ist in der Kapsel ein nicht dargestelltes Lageerfassungselement angeordnet, dessen Lage von extrakorporal bestimmt werden kann. Ein derartiges Lageerfassungselement ist vorzugsweise als Spulensystem ausgebildet, dessen Position über einen externen Magnetfelddetektor erfaßbar ist. Es versteht sich, daß die Kapselwand 14 entsprechendso ausgebildet ist, daß sie nicht magnetisch abschirmend wirkt.

In Fig. 3 ist die Sonde 10 in einer Position und einer Lage im Magen eines Patienten dargestellt. Um die Sonde 10 in der gezeigten Position und Lage zu fixieren, ist des weiteren vorzugsweise in der Kapsel ein Positionierungselement angeordnet, das von extrakorporal zur Positionierung der Sonde ansteuerbar ist. Eine derartige Positionierung kann beispielsweise von extrakorporal über die Wirkung eines Magnetfeldes erfolgen.

Des weiteren kann in der Kapsel ein Reservoir für therapeutische Substanzen und/oder diagnostische Substanzen vorhanden sein, wobei diese Substanzen dann intrakorporal von der Sonde allmählich abgegeben werden, beispielsweise durch eine nicht dargestellte Membran in der Kapselwand 14.

Schließlich kann in der Sonde 10 ein Ultraschallsender/Empfängerelement zur Ultraschallbildgebung angeordnet sein.

Auf der Außenseite der Kapsel 12 sind vorzugsweise fluoreszierende bzw. leuchtende Markerstoffe aufgebracht, wobei als derartiger Farbstoff Natrium-Fluoreszein verwendet werden kann. Mit einem derartigen Farbstoff können Blutungen detektiert werden.

In der Kapsel 12 können auch Leuchtstoffe vorhanden sein, die durch Anregung von extrakorporal, beispielsweise über elektromagnetische Energie, über Röntgenstrahlung oder über Ultraschallenergie zum Leuchten angeregt werden und damit zur Lichtabstrahlung dienen können.

Bei einer Anwendung der intrakorporalen Sonde 10 für die photodynamische Diagnose wird mittels der lichtabstrahlenden Elemente 16 ein Photosensibilisator, der ein körpereigener Stoff oder ein von außen verabreichter Stoff sein kann, der sich gewebspezifisch einlagert, zur Fluoreszenz angeregt und das Fluoreszenzlicht wird dann mittels der lichtempfangenden Elemente 18 empfangen. Für die Beurteilung, ob das untersuchte Gewebe gesund oder pathologisch verändert ist, reicht es aus, wenn von der Sonde 10 nach extrakorporal ein Signal gesendet wird, das

die Information 'Fluoreszenz vorhanden' (pathologisch verändertes Gewebe) oder 'Fluoreszenz nicht vorhanden' (gesundes Gewebe) enthält.

Dem Arzt wird somit ein Befund ermöglicht, ohne das das untersuchte Gewebe visuell abgebildet wird.

Anwendungsfälle für die intrakorporale Sonde 10 können die Untersuchung des gastrointestinalen Trakts auf maligne Veränderungen unter Gabe eines tumorspezifisch sich anreichernden Photosensibilisators, die Registrierung von Blutungen im Magen, Colon und vor allem im Dünndarm sowie nach Operationen unter intravenöser Gabe eines Fluoreszenzfarbstoffes, die photodynamische Therapie von malignen oder prämaligen Gewebe durch Lichtexposition unter Gabe eines photodynamisch/therapeutisch wirkenden Photosensibilisators, oder die Therapienachkontrolle (beispielsweise Erkennung von Blutungen) nach offenen und minimal-invasiven Eingriffen sein, um einige Beispiele zu nennen.

Patentansprüche

1. Intrakorporale Sonde zur Untersuchung beispielsweise von Hohlorganen oder Körperhöhlen im menschlichen oder tierischen Körper, wobei die Sonde (10) in Form einer Kapsel (12) ausgebildet ist, die in den Körper ohne externe Verbindungselemente einbringbar ist, und wobei die Sonde (10) zumindest ein lichtabstrahlendes Element (16) und zumindest ein lichtempfangendes Element (18) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß das lichtempfangende Element (18) Licht in einem anderen Wellenlängenbereich empfängt als das lichtabstrahlende (16) Element abstrahlt.
2. Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht des zumindest einen lichtabstrahlenden Elements (16) kurzwelliger ist als das Licht, das durch das zumindest einen lichtempfangenden Elements (18) empfangbar ist.
3. Sonde nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest eine lichtabstrahlende Element (16) eine den gesamten Raumwinkel erfassende Abstrahlcharakteristik aufweist.
4. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) eine Mehrzahl von lichtabstrahlenden Elementen (16) derart angeordnet ist, daß die Lichtabstrahlung den gesamten Raumwinkel erfaßt.
5. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest eine lichtabstrahlende Element (16) eine Leuchtdiode ist.

6. Sonde nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leuchtdiode im blauen Frequenzbereich abstrahlt.
7. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest eine lichtempfangende Element (18) derart ausgebildet ist, das es Licht aus dem gesamten Raumwinkelbereich empfängt.
8. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) eine Mehrzahl von lichtempfangenden Elementen (18) derart angeordnet ist, daß Licht aus dem gesamten Raumwinkelbereich empfangbar ist.
9. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß an dem zumindest einen lichtabstrahlenden Element (16) und/oder an dem zumindest einen lichtempfangenden Element (18) ein optisches Filterelement angeordnet ist.
10. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) zumindest ein lichtempfangendes Element (20) in Form eines Bildsensors, insbesondere eines zweidimensionalen Bildsensors, zum Empfangen eines visuellen Bildes vorhanden ist.
11. Sonde nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) zumindest ein lichtabstrahlendes Element (22) angeordnet ist, das Weißlicht abstrahlt.

12. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) ein Senderelement (26) zum Abstrahlen von Signalen von der Sonde (10) nach extrakorporal angeordnet ist.
13. Sonde nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel ein Signalvorverarbeitungselement (28) vorhanden ist, daß das von dem zumindest einen lichtempfangenden Element (18) stammende opto-elektrische Signal an das Senderelement weitergibt.
14. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) ein Signalspeicher zum Abspeichern von Signalen des zumindest einen lichtempfangenden Elements (18) angeordnet ist.
15. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) ein Lageerfassungselement angeordnet ist, dessen Lage von extrakorporal bestimmt werden kann.
16. Sonde nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Lageerfassungselement als Spulensystem ausgebildet ist, dessen Position über einen externen Magnetfelddetektor erfaßbar ist.
17. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) ein Positionierungselement angeordnet ist, das von extrakorporal zur Positionierung der Sonde ansteuerbar ist.

18. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel ein Energieversorgungselement (30) oder ein Element zum Empfangen von extrakorporal eingestrahlter elektromagnetischer Energie angeordnet ist.
19. Sonde nach einem der Ansprüche 1 - 18, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Kapsel (12) fluoreszierende/leuchtende Markerstoffe aufgebracht sind.
20. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel (12) zumindest ein Leuchtstoff vorhanden ist, der durch Anregung extrakorporal anregbar ist und durch die Kapselwand (14) abstrahlt.
20. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kapsel ein Reservoir für therapeutische Substanzen und/oder diagnostische Substanzen vorhanden ist, die intrakorporal von der Sonde abgegeben werden.
21. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß in der Sonde ein Ultraschallsender-/-empfängerelement zur Ultraschallbildgebung angeordnet ist.
22. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß sie zumindest eine Leitung nach extrakorporal zum Austausch von Informationen, Energie und/oder Substanzen aufweist.

1/2

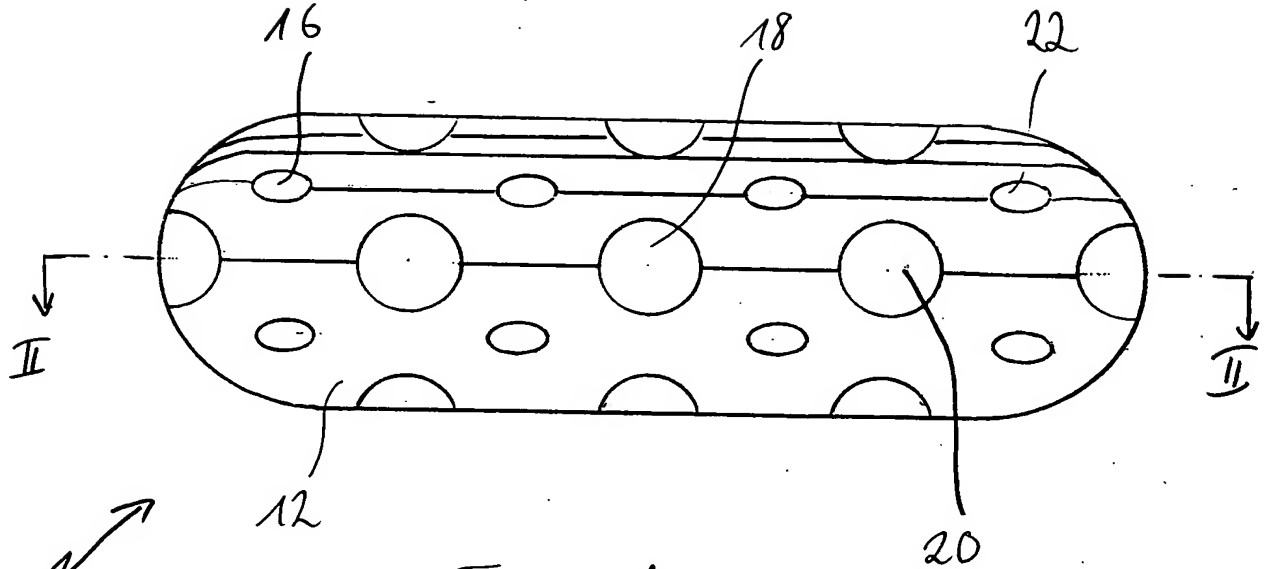


Fig. 1

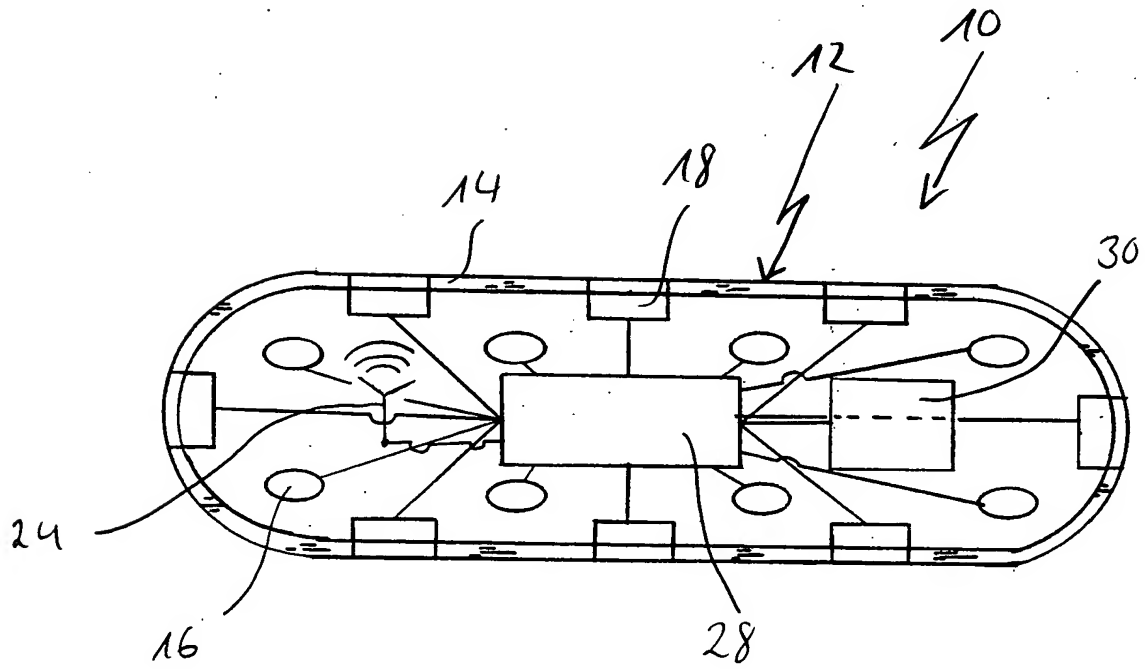


Fig. 2

212

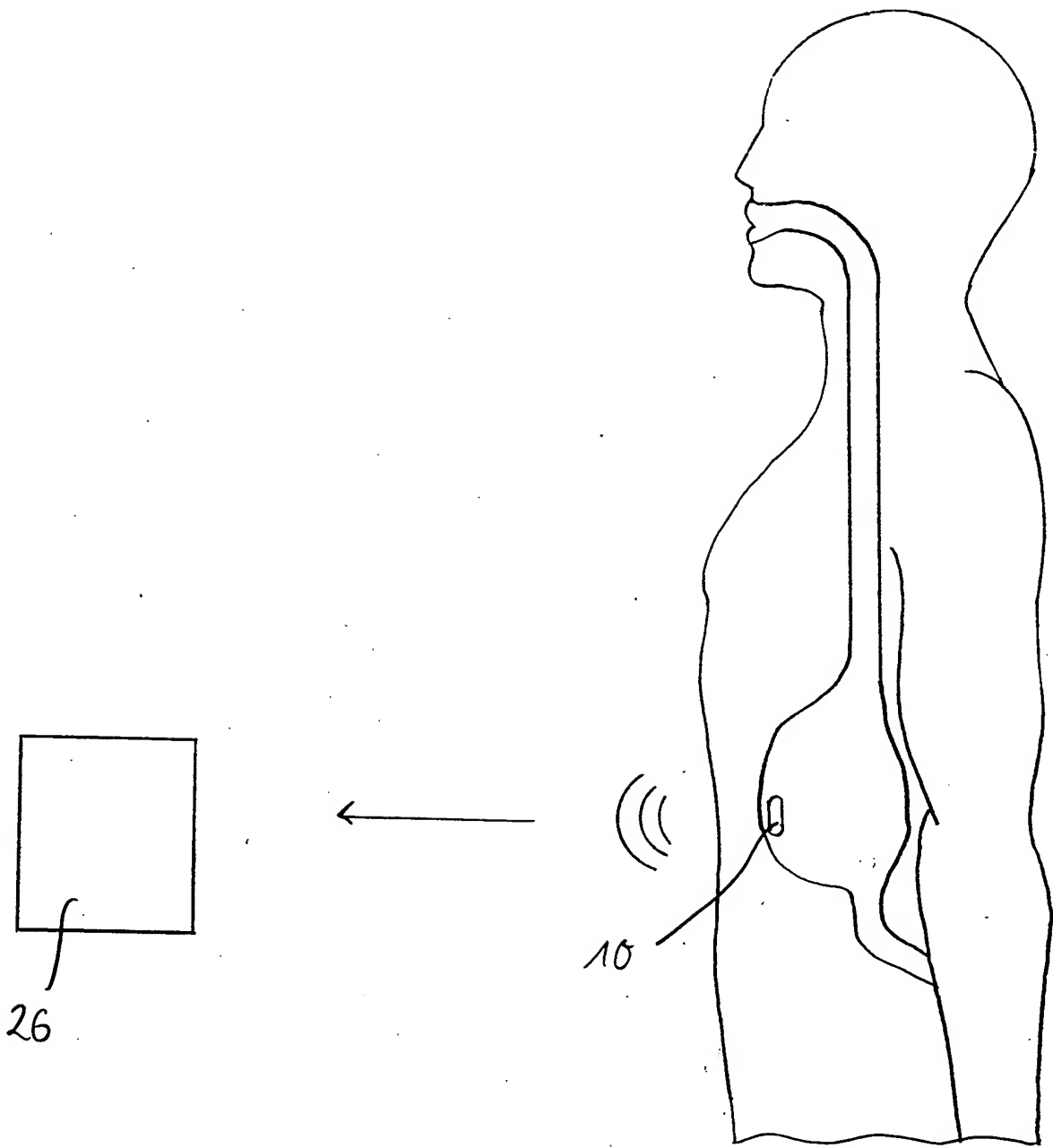


Fig. 3